

マツタケ・イグチ等有用菌根菌の現地適応化調査試験

竹内嘉江・松瀬収司*・小坂信行・高木茂・増野和彦

上田市、塩尻市、諏訪市、松川町にマツタケ発生環境調査のため試験地を設定して、気象観測、子実体発生調査、シロ生態調査、散水試験、孢子散布試験、子実体食害防止試験、ツガ幼木植栽試験、地温再上昇防止試験、豊凶因子分析等を行った。また、諏訪市にハナイグチ試験地を設定して、孢子散布試験を行った。(1)上田市試験地では、松枯れ被害が進行しており次第にマツタケ子実体発生量が減少した。(2)塩尻市小曾部試験地での調査から、豊凶指数とマツタケ子実体発生本数との間に高い相関関係($r=0.95$)が認められた。(3)塩尻市宗賀試験地での調査から、寒冷紗による庇陰で地温変動を緩慢にできることが分かった。また、動物忌避剤散布によりニホンジカのマツタケ食害を防止できることが分かった。(4)諏訪市試験地での散水試験により、5年間の平均でマツタケ子実体個重が38%重くなることが認められた。(5)松川町試験地では、アカマツ平均樹齢37年生の中に直径1.9mのマツタケのシロが形成されていた。(6)諏訪市ハナイグチ試験地での孢子散布試験により、5年間平均で子実体発生本数が5.4倍に増加することが認められた。

キーワード：菌根菌，地温，豊凶指数，自然感染苗木，ツガ，

1 はじめに

長野県におけるマツタケ増産施策に関する技術については、「つくるマツタケへ(まつたけ増産の手引き改訂Ⅲ版)」等^{1), 2), 3), 4), 5)}に基本事項が示されているが、これを具体的に上田市、塩尻市、諏訪市、松川町の県下主要産地の試験地で実践して調査し、各地域に適応するより詳細な技術について検討するとともに、地域における普及啓発の拠点として活用するために調査及び試験を実施した。また、カラマツに共生するイグチ科の食用菌根菌ハナイグチ⁶⁾についても、諏訪市で林地を利用した子実体増産試験を実施した。

この試験は、平成17～21年の間、長野県特用林産振興会との共同研究^{7), 8)}として行ったもので、内容の一部については日本森林学会中部支部大会、日本菌学会^{9), 10), 11), 12), 13)}において報告した。また、期間途中で閉鎖した塩尻市小曾部試験地及び諏訪市試験地と、松川町試験地については、過去からのデータを取りまとめて結果を考察した。

2 調査試験の方法

2.1 上田市試験地

上田市富士山地籍標高760mの上田市有林内に0.11haの試験地を設定した。現存する6か所のシロでマツタケ子実体発生調査を行い、本数、個体重量を測定し、発生位置を林地に鉄製色ピンで標示した(標示方法については以下同じ)。

平成20年11月、NO.1シロでマツタケ菌活性帯

を囲むようにツガ幼木10本を植栽し、根圏への感染試験を開始した。

試験地中央部で地上10cm部の林内気温と地下10cm部の地温について「TandD社製 おんどとりTR-71U」で、5～11月の間1時間毎に観測した(以下、林内気温と地温の測定部位、時期、方法については同じ)。

2.2 塩尻市小曾部試験地

塩尻市洗馬上小曾部地籍標高950mの私有林内に0.5haの試験地を設定し、マツタケ子実体発生調査を現存する28か所のシロについて行い、本数、個体重量を測定し、発生位置を標示した。

試験地中央部で、林内気温、地温について観測した。降水量については、直線距離で12km離れた長野県林業総合センター構内での観測値を用いた。これらの気象因子と発生量の相関関係について分析した。なお、この試験地は平成17年度で閉鎖した。

2.3 塩尻市宗賀試験地

塩尻市洗馬宗賀地籍標高850～960mの私有林内に、3.0haの試験地を平成18年度から設定した。

マツタケ子実体発生調査を現存するシロについて行い、本数、個体重量を測定し、発生位置を野帳に記録した。試験地中央部で、林内気温、地温、林内降水量(大田計器製作所製転倒ます型雨量計0W-34-BP, TandD社製アメンボRF-3で記録)について観測した。

また、(1)広葉樹根圏を保持材としたマツタケ

* 元林業総合センター特産部長

のシロの移植試験, (2)新鮮な子実体胞子を沢水に懸濁して A0 層を除去した適地に散布し新シロを形成させる試験, (3)ツガ幼木をシロの前方に植栽しマツタケ菌糸体を感染させる試験, (4)不作の原因となっている地温の再上昇を防止するために寒冷紗を設置する試験, (5)ニホンジカによるマツタケ子実体の食害を防止するために動物忌避剤(株)日本グリーンアンドガーデン社製ユニファア水和剤, ジラム水和剤 32.0%, 農林水産省登録第 17911 号)を用いる試験, (6) マツタケの円形シロ (短径 5.3m×長径 5.9m) 活性菌糸帯の内側 30cm 及び外側 30cm の場所で A0 層下部の A~B 層土壌を 100ml 採取し (n=6), その中に含まれるマツタケ以外の新鮮な外生菌根菌の菌根チップ数と菌根チップ乾燥重量, 直径 2mm 以下のアカマツ細根乾燥重量を測定する試験を実施した。

2.4 諏訪市試験地

(1) 植生調査等

諏訪市湖南後山地籍の標高 1,270m のマツタケ発生林において, ブロン-ブロンケ法¹⁴⁾による植生調査, アカマツの毎木調査を行い, 試験地中央部で林内気温, 地温の観測をした。試験地では降水量を計測していないので, 参考値として近接の上伊那郡辰野町気象庁観測地における降水量データを表-6 に示した。

(2) 散水試験

平成 14~18 年の 5 年間 5~9 月に標高差 50m 下の沢からポンプアップしてマツタケのシロ周辺に散水し, マツタケの発生状況にどのような影響があるか調査した。散水区と対照区の 15×15m プロット内で 9~11 月にマツタケ子実体発生本数と個体重量を測定した。

また, なお, この試験地は平成 19 年度で閉鎖した。

2.5 松川町試験地

下伊那郡松川町生田地籍標高 740m の私有林内に 0.1ha の試験地を設定した。マツタケ子実体発生調査を現存する 14 か所のシロについて行い, 本数, 個体重量を測定し, 発生位置を標示した。また, 試験地中央部で林内気温と地温について観測した。

2.6 諏訪市ハナイグチ試験地

ハナイグチ胞子懸濁液の散布効果⁶⁾について調べるため, 諏訪市南真志野地籍標高 1,200m の生産森林組合所有カラマツ林内に 15×15m のプロットを 4 区設定した。ハナイグチの胞子については,

試験区内及び周辺で採取した子実体管孔部を沢水に懸濁してジョウロで散布し, 秋期の発生時期に他の菌根性きのこの発生状況と, ハナイグチ子実体の発生本数について定期的に調査した。また, ブラウン-ブランケ法により調査地の植生調査を行い, 試験地中央部で林内気温と地温を観測した。

3 試験結果と考察

各試験地の位置については, 図-1 に示した。

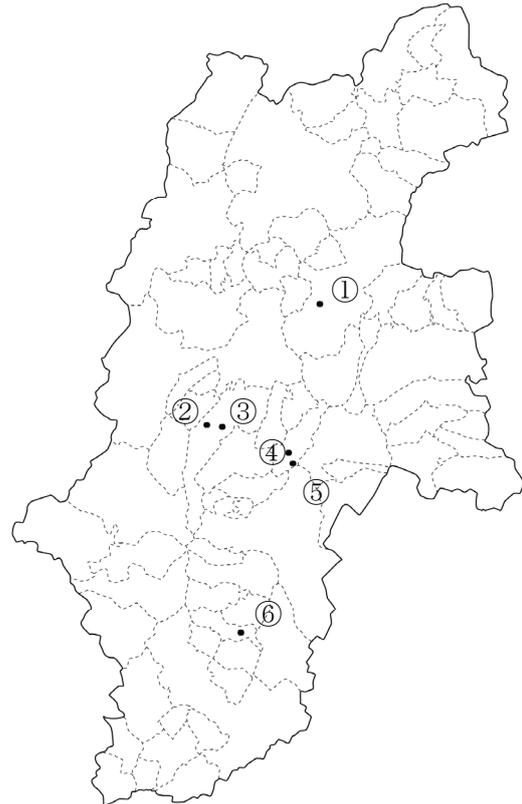


図-1 試験地の位置

- ① 上田市試験地
- ② 塩尻市小曾部試験地
- ③ 塩尻市宗賀試験地
- ④ 諏訪市ハナイグチ試験地
- ⑤ 諏訪市試験地
- ⑥ 松川町試験地

3.1 上田市試験地

試験地内のマツタケのシロ位置, アカマツ立木・松枯れ枯損木の位置, ツガ幼木植栽位置, 気象データ, 植生をそれぞれ図-2, 3, 4, 表-1 に示した。子実体発生状況の結果については, 表-2 に示した。

最後まで発生があった N0.1 シロの周囲にツガ幼木を植栽して, マツタケ菌糸体の存続を図ったが 1 年間で 10 本のうち 2 本が枯死した。活性菌糸

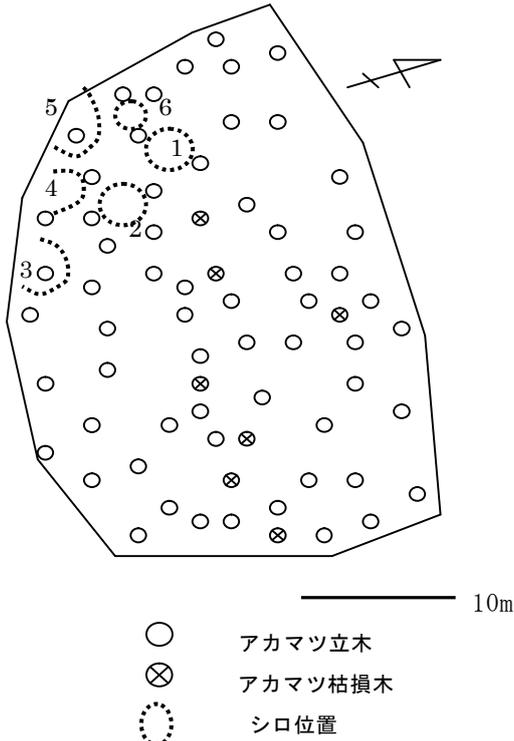


図-2 上田市試験地の立木とシロ位置

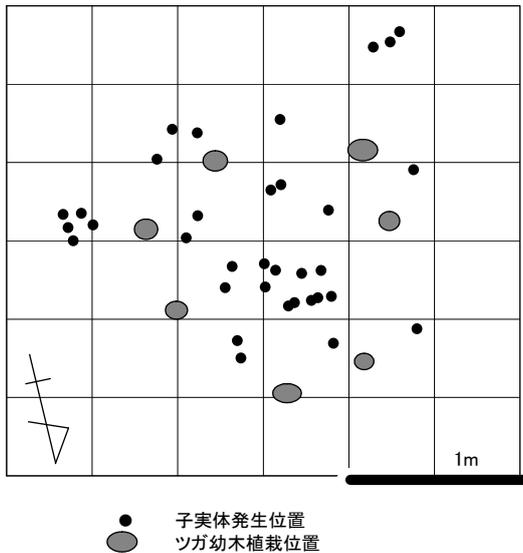


図-3 マツタケ子実体発生位置とツガ植栽位置
 (上田市試験地 NO.1 シロ)

帯と距離があるため、16 か月間でまだツガ根圏に菌根形成は認められなかった(写真-1)。下伊那郡松川町の試験地では、63 年生アカマツ林に混植した 30 年生のツガ植栽木にマツタケ菌糸が菌根を形成して子実体が発生している例があるので、この試験地でも今後ツガに共生する可能性はあるものと考えられる。

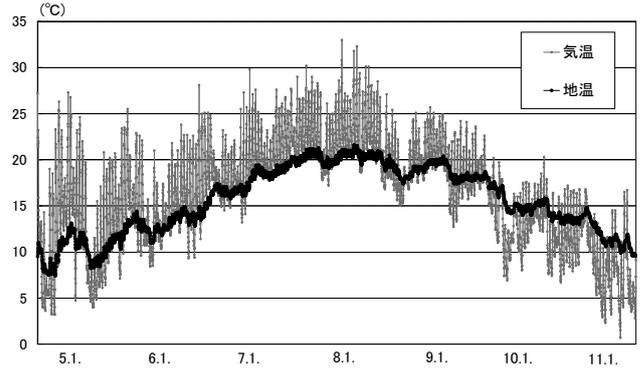


図-4 上田市試験地における地温・気温の観測例
 (H.20.4.23.~11.10.)

表-1 上田市マツタケ試験地の植生

(H.19年8月調査)

区分	マツタケ試験地	隣接する非発生地
出現数(種)	24	17
高木層	アカマツ (Av.23m.φ 46cm)	5-5 (Av.22m.φ 44cm)
亜高木層	ソヨゴ ネズミサシ アカシデ ヤマウルシ ネジキ リョウブ アオハダ	3-2 + 1-1 + 1-1 + +
低木層	ネジキ ソヨゴ ツクバネウツギ ヤマウルシ カスミザクラ ウワズミザクラ ナツハゼ コナラ コバノガマズミ ウリカエデ トウゴクミツバツツジ ナンキンナナカマド コハウチワカエデ ウラボシノキ	1-1 + + + + + + + + + + +
草本層	ヤマツツジ ソヨゴ ツクバネウツギ ネジキ ナンキンナナカマド ネズミサシ ナツハゼ ヤマウルシ アカマツ タムシバ ウリカエデ カスミザクラ アクシバ ヤマハギ コバノガマズミ クリ ミヤマウスラ ススキ コナラ リョウブ サルマメ シヤクジョウソウ ギンリョウソウ	2-2 2-2 + + 1-1 1-1 1-1 2-1 + + + + + + + + + + + + + + +



写真-1 上田市試験地のツガ植栽の様子

表一 各試験地のマツタケ発生状況

区分	月・旬 年度	9月			10月			11月			合計		発生シロ数 / 現存シロ数
		上	中	下	上	中	下	上	中	本数	生重(kg)		
上	13			5	2		2			9	0.5	3/6	
	14				9		5			14	0.8	3/6	
	15					2	5			7	0.3	3/6	
	16			12	11	33				56	5.4	4/6	
	17				2	1				3	0.2	1/6	
	18				11	12	2			25	1.1	3/6	
田	19				1	4			5	0.1	2/6		
	20								0	0	0/6		
	21								0	0	0/6		
	平均									13.2	0.93		
松	13				3	5		1		9	0.6	5/13	
	14			5	47	30	4			86	3.5	9/13	
	15				16	55	9			80	1.7	11/13	
	16				4	42	23			69	2.3	9/14	
	17						12		2	14	0.7	5/14	
	18				56	19	2	1		78	3.1	11/14	
川	19				60	27			87	2.8	11/14		
	20			6	52	71			129	5.0	12/14		
	21			8	34	10			52	2.1	10/14		
	平均									67.1	2.42		
塩尻小曾部	13		4	10	20	14	1			49	2.7	13/28	
	14				16	12	5			33	2.4	13/28	
	15	7	1		4	49	1			62	3.9	11/28	
	16		17	55	46	83	38	3		242	17.1	25/28	
	17			12	10	3	1	1		27	1.6	7/28	
平均									82.6	5.54			
塩尻宗賀	18		8	23	45	83	56	16		231	9.5	29/40	
	19			2	2	24	15	1		44	1.8	6/40	
	20	28	94	146	56	22	2			348	18.5	35/40	
	21	4	10	16						30	1.2	6/40	
	平均									163.3	7.75		

表一 各地の降水量・気温の平年値比較
(昭和46～平成12年)

月	降水量 (mm)			気温 (°C)		
	諏訪市	上田市	飯田市	諏訪市	上田市	飯田市
1	39.7	22.0	54.6	-1.5	-0.5	0.9
2	52.0	30.1	72.0	-1.0	0.1	1.6
3	85.6	55.7	127.8	3.0	3.9	5.4
4	104.2	59.8	144.3	9.6	10.6	11.6
5	107.4	80.5	146.4	14.8	15.9	16.2
6	179.3	113.5	210.9	18.8	19.9	20.1
7	198.7	121	211.8	22.4	23.5	23.6
8	129.6	97.9	148	23.5	24.9	24.6
9	203.8	144.1	232.9	19	20.2	20.4
10	106.1	77.6	126.2	12.5	13.4	14.0
11	70.4	40.1	84.3	6.7	7.3	8.1
12	33.8	17.5	47.7	1.4	2.0	3.0
計	1310.6	859.8	1606.9	129.2	141.2	149.5

注) 気象庁公開データから抜粋

この試験地では、平成3年から調査を続けており、平成10年にはマツタケ子実体発生本数226、生重28.3kgの最大値を記録したが、その後は減少傾向にあり平成20、21年は発生が認められなかった。ただし、平成10年当時は試験地面積が現在の1.7倍(平成11年から林道拡張により試験地面積が減少した)あったため、単純な比較はできない。

平成18～21年に、区内で7本のアカマツが松枯

れにより枯損し伐倒薬剤処理したが、まだ衰弱しているアカマツも多くシロの活力が低下したことにより、発生量が減少してきているものと考えられた。また、この試験地では、外生菌根菌に寄生する腐生植物のシャクジョウソウ、ギンリョウソウがみられる植生的特徴がある。

上田市は他のマツタケ産地と比較して降水量が少ない特徴があり(表一3)、年間降水量は諏訪市の66%、飯田市の54%の値となっている。月平均気温の積算値は、諏訪市の109%、飯田市の94%で県内では暖かい地域である。

3.2 塩尻市小曾部試験地

試験地でのマツタケ子実体発生状況、豊凶指数と子実体発生本数との関係については、表一2、4、図一5に示した。マツタケのシロの生態調査の様子を写真一2に示した。

この試験地では平成10年にマツタケ子実体発生本数396、生重24.7kgの最大値を記録したが、その後は減少傾向にあり、平成5～17年の平均発生本数131を上回ったのは、平成5、8、9、10、11、16年であった。写真一2のシロでは、子実体の発生位置から推測したシロの進む速さ平均値は13cm/年であった。

平成8～17年の10年間において、雨量・地温再上昇日数とマツタケ子実体発生個数との関係について分析したところ、表一4、図一5のように豊凶指数と子実体発生本数との間に相関係数0.95で高い相関関係が認められた^{9), 10), 15), 16), 17)}。

表一4 マツタケの豊凶指数 (塩尻市小曾部試験地)

年	子実体発生本数(本)	7～8月雨量(mm)	地温再上昇日数(日)	豊凶指数
H.8	212	240.5	2	120
9	169	152	2	76
10	396	191.5	1	192
11	140	265.5	4	66
12	104	263	7	38
13	49	137	7	20
14	33	276	12	23
15	62	390	10	39
16	242	176	2	88
17	27	265	5	53
相関係数		-0.40	-0.78	0.95

注) 豊凶指数 = 7～8月雨量 / 地温再上昇日数。地温再上昇日数とは、高温期を経て19°Cを下回った日以降に20°C以上に地温が再上昇した日数のこと。地温再上昇の観測されなかった年は、計算上1日とした。マツタケ発生個数と豊凶指数との相関係数は0.95。

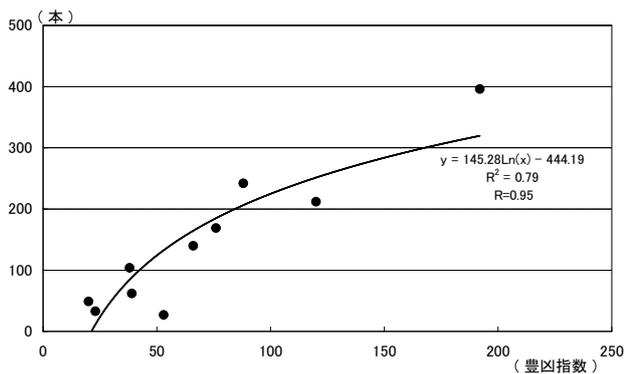


図-5 豊凶指数とマツタケ発生本数との関係
(塩尻市小曾部試験地 H.8~17年)



写真-2 マツタケのシロの生態調査
(H.17年 塩尻市小曾部試験地)

注) ピンは子実体発生位置で、弧状のシロが左から右に進んでいることを示す。



写真-3 ヤマツツジ根圏を保持材として移植したマツタケのシロ(H.19年 塩尻市宗賀試験地)

3.3 塩尻市宗賀試験地

試験地のマツタケ発生状況は表-2に示した。4年間の子実体平均発生本数は163であるが、他

の試験地と比べて豊作不作の差が大きく、平成21年は20年の8.6%しかなかった。また、平成21年に発生が認められたシロ数は、20年の17%となった。

(1)シロ移植試験

平成19年6月にヤマツツジ・オトコヨウゾメの根圏を保持材として、他の発生林で自然に形成されたマツタケのシロを試験地内のA0層、A層を整備した4か所に移植した(写真-3)。マツタケのシロでは、アカマツの細根にマツタケ菌糸がからみ菌根を形成してA層、B層の中に繁殖しているが、移植する場合は植物の根圏と一緒に土壌塊として移動させなければ菌糸体は散乱するので、このような方法をとった。

定期的に観察したが、28か月間に根圏からマツタケ菌糸体は消滅し、周囲のアカマツ細根への再感染は認められなかった。

(2)孢子懸濁液散布試験

平成20年8月に孢子懸濁液(濃度約19万個/ml)を散布する試験を7か所で行い、A0層、A層を整備した林地に各600ml/m²ずつまいたが、その後2年間で、アカマツの細根でのマツタケの菌根形成、シロの発達は認められなかった。

(3)ツガ植栽試験

平成20年11月に、ツガ幼木を直径3.8mの円形シロの前方20~60cmに10本植栽した。その後枯損するものではなく生育しているが、まだツガ根圏にマツタケ菌糸体の感染は認められない。

(4)地温再上昇防止試験

平成20年8~10月に、地温の再上昇による不作現象を緩和するために、マツタケの発生する林地のシロ上部に原木シイタケ栽培の人工ほだ場で日陰に使用する寒冷紗を設置する試験(写真-4)を行った。



写真-4 地温再上昇防止試験
(H.20年塩尻市宗賀試験地)

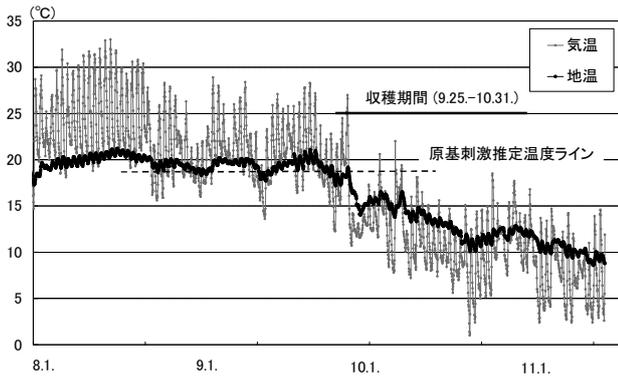


図-6 塩尻市宗賀試験地の地温・気温の観測例
(H.19.8.1.~11.15.)

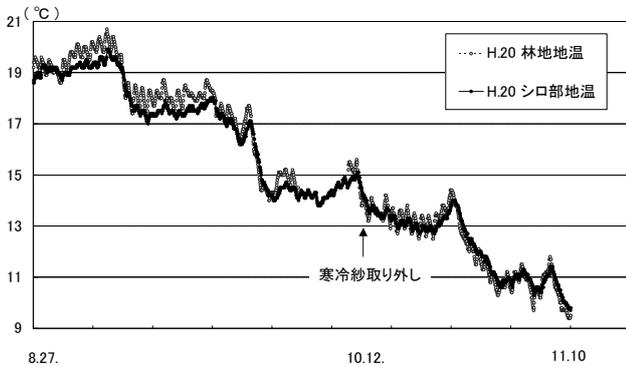


図-7 地温再上昇防止試験の結果
(H.20年塩尻市宗賀試験地)

図-6に示した平成19年は、8~9月の間に3回地温再上昇があり、平均値の27%しか子実体発生数がなかった。このような地温の低下・上昇を小さくするために施用した区(H.20.8.27.~10.12.)では、隣接の対照区と比較して地温の日較差が小さくなり地温変化を緩慢にする効果が認められた(図-7)。このことから、アカマツ立木密度が低く下層植生がほとんどないマツタケ発生林では、地温再上昇を防ぐために寒冷紗を設置したのと同様に二段林的に高さ1~3mの範囲で下層植生として、被度3、群度3以下でヤマツツジ・ソヨゴ・マルバアオハダ・オトコヨウズメ・ガマズミ等を除伐せずに適度に残すような管理が大切であると考えられた。

(5) 獣害防止試験

この試験地では、平成19年に初めてニホンジカによるマツタケ子実体への食害が認められた。被害のあったシロの周辺200m²で、8~9月に10倍に希釈した動物忌避剤コニファー水和剤を地上0~1mの灌木・アカマツの幹に塗布する処置を行

ったところ、平成20、21年は被害がみられなかった。このことから、食害の多発する区域では、防獣ネットを張ることと同様に、動物忌避剤を利用することも一定の効果があるものと考えられた。

(6) シロの菌根調査

マツタケの活性菌糸帯が通過したシロ内側では、マツタケ以外の外生菌根菌の生息密度が低く¹²⁾、またアカマツの細根密度が低かった(図-8)。シロ内側と比較してシロ外側では、菌根チップ数1.9倍、菌根チップ乾燥重量2.2倍、アカマツ細根乾燥重量5.2倍となった。このことは、シロが通過することにより、他の外生菌根菌が生息しにくい環境になっているものと考えられた。マツタケ菌糸が成長拡大していくシロ外側の土壌内には、周辺に発生した子実体、菌根形態から判断して無孢子不完全菌目、セノコッカム属、イボタケ属、ベニタケ属、チチタケ属等の外生菌根菌(写真-5)が多く生息していることが認められた。

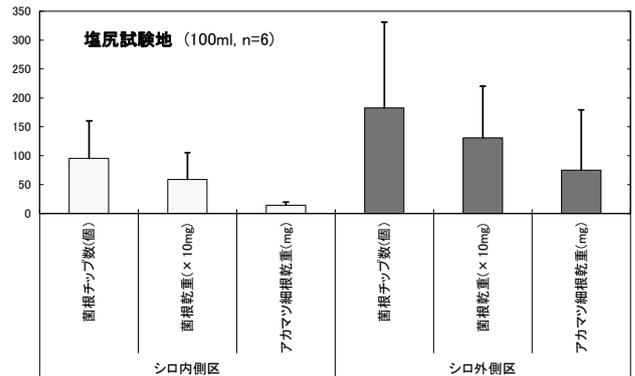


図-8 シロ内外の外生菌根生息状況

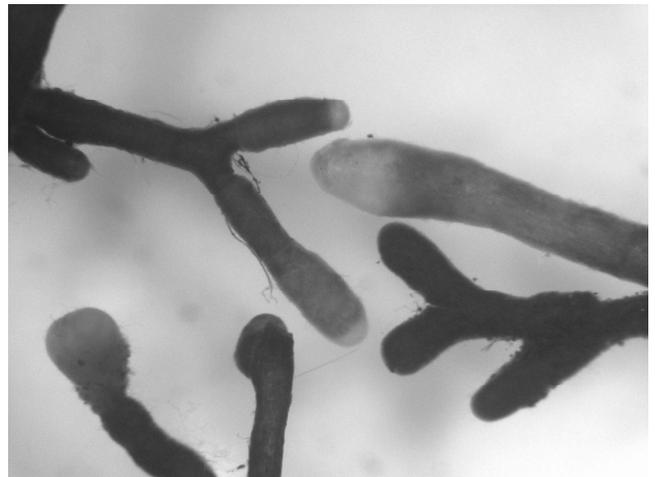


写真-5 マツタケ以外の外生菌根菌

3.4 諏訪市試験地

(1) 植生調査等

この試験地は、標高 1,270m の東南東に傾斜した尾根上にあり、アカマツ主林木は 40～55 年生で、散水区内には 6 個、対照区内には 7 個のシロが確認されている(表-5)。

表-5 諏訪市試験地の概要

区分	内容
標高	1,270m
調査区画	散水区及び対照区 各15×15m
尾根傾斜方向	東南東
地質母材	第三系凝灰岩
土壌型	BA
樹齢	40～55年(アカマツ主林木)
アカマツ立木本数	1,020本/ha(散水区), 760本/ha(対照区)
区内シロ数	散水区6個, 対照区7個

注)H.17年8月調査

表-6 諏訪市試験地の植生(散水区)

区分	植物種名	被度-群度
高木層	アカマツ(Av.DBH30.4cm, H.19.2m)	5-4
亜高木層	アカマツ(Av.DBH 8.0cm, H. 7.7m)	2-1
低木層	ソヨゴ2-2,ネジキ2-1,リョウブ1-1, ナツハゼ1-1,ヤマツツジ1-1,ヤマウルシ+, ミズナラ+,トウゴクミツバツツジ+, コバノガマズミ+,スノキ+,	
草本層	ミヤマママコナ2-1,ナツハゼ1-1, ソヨゴ1-1,ヤマツツジ1-1,コケspp.1-1, アカマツ+,ヤマウルシ+,ガマズミ+, コバノネリコ+,ワラビ+,ススキsp.+,	

注)H.17年8月 調査

表-7 諏訪市試験地の植生(対照区)

区分	植物種名	被度-群度
高木層	アカマツ(Av.DBH31.5cm, H.16.4m)	4-4
亜高木層	アカマツ(Av.DBH 7.0cm, H. 7.5m)	2-2
低木層	ソヨゴ2-2,ナツハゼ2-2,トウゴクミツバツツジ2-2,ミヤマガマズミ1-1,リョウブ1-1, ネジキ1-1,コバノガマズミ1-1,ヤマザクラ+, ヤマウルシ+,コナラ+,ミズナラ+,クリ+,	
草本層	コケspp.2-2,トウゴクミツバツツジ2-2, ソヨゴ2-1,ナツハゼ1-1,ネジキ1-1,スノキ1- コバノネリコ1-1,ヤマツツジ1-1, コバノガマズミ1-1,ミヤマママコナ1-1, ワラビ+,ヤマウルシ+,クリ+,コナラ+,	

注)H.17年8月 調査

表-8 散水の内容

年	散水日数(日)	散水量(トン)	雨量換算値(mm)
H.14	21	910	1,138
15	8	400	500
16	9	450	563
17	5	170	213
18	6	190	238
平均	9.8	424	530

表-9 近接観測地の降水量(長野県辰野町)

年	降水量(mm)						
	6月	7月	8月	9月	10月	平均	合計 +散水量
H.14	84	248	79	117	162	138	690 1,828
15	108	179	333	148	66	167	834 1,334
16	155	28	279	214	404	216	1,080 1,643
17	95	238	72	80	74	112	559 772
18	123	631	164	125	157	240	1,200 1,438
平均	113	265	185	137	173	175	873 1,403

表-10 マツタケ子実体発生量

年	散水区			対照区		
	本数(本)	生重(kg)	個重(g)	本数(本)	生重(kg)	個重(g)
H.14	37	4.62	190	25	1.51	69
15	26	4.58	247	17	2.84	219
16	52	7.30	151	55	6.40	118
17	26	3.23	130	8	0.75	109
18	76	7.09	120	99	6.47	94
平均	43	5.36	168*	41	3.59	122*

注) 個重*については、t値検定($\alpha=0.05$)で有意差が認められた。



写真-6 諏訪市試験地での散水試験の様子

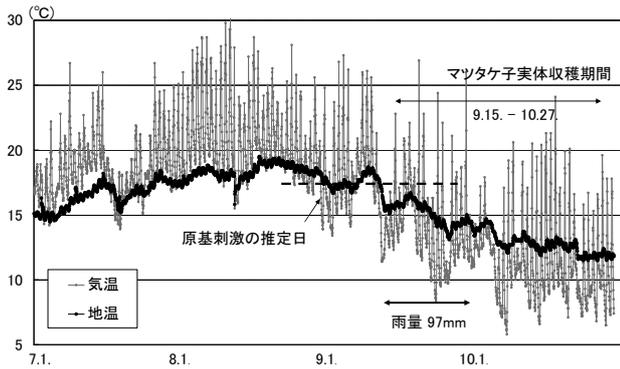


図-9 諏訪市試験地の気温・地温の観測例 (H. 18. 7. 1. ~10. 31.)

植生については、2区ともにマツタケ発生林としての施業が行われているため、高木層・亜高木層ではアカマツ以外の樹木はみられず、低木層ではソヨゴ、ネジキ、リョウブ、ナツハゼ、ヤマツツジ、トウゴクミツバツツジ、ミヤマガマズミ、コバノガマズミ等が多く、草本層ではミヤマママコナ、ナツハゼ、ソヨゴ、ヤマツツジ、トウゴクミツバツツジ、ネジキ、スノキ、コバノトネリコ、コバノガマズミ等が多くみられた。高木層の平均胸高直径は30.4cm(散水区)、31.5cm(対照区)で、平均樹高は19.2m(散水区)、16.4m(対照区)であった。高木層の樹齢は40~55年で、アカマツ立木本数は1,020本/ha(散水区)、760本/ha(対照区)であった(表-6, 7)。

(2) 散水試験

5年間の散水状況は、少ない年で5日・170トン、多い年で21日・910トン、降水量に換算して213~1,138mm、1回当たり40~63mmとした(表-8, 写真-6)。近接気象庁観測地の月平均降水量は6月113mm、7月265mm、8月185mm、9月137mm、10月173mmで、5か月間の平均降水量は873mm(min. 559~max. 1,200mm)であった。6~10月降水量の合計値に散水量を単純に加算すると平均1,403mm(min. 772~max. 1,828mm)となった(表-9)。散水については、降水状況と土壌含水率、天気予報を総合判断して、散水日と散水量を設定するのが理想的と考えられるが¹⁸⁾、ここでは現場での作業可能日に行

い、実施日の一番早い年は5月22日、一番遅い年は9月30日であった。

5年間の平均値で散水区での子実体発生状況は、43本、総重量5.36kg、個重168g、対照区では41本、総重量3.59kg、個重122gであった(表-10)。子実体平均個重は散水区で約38%重くなり、t値検定($\alpha=0.05$)により有意差が認められた。このことから、マツタケのシロ成長期間及び原基形成期間に、シロを含むアカマツ林地に散水することにより、発生したマツタケの子実体個重が重くなることが示された。今後は、散水と子実体発生個数の関係、効果的な散水時期及び散水量について調査検討する必要がある^{11), 19)}。

また、この試験地は高冷地にあるため夏期でも地温が20°C以上になることはなく、子実体原基の推定刺激温度は17.5°C程度であると考えられた(図-9)。

3.5 松川町試験地

マツタケ発生状況については、表-2に示した。平成17~21年の平均発生数は72本で、まだ直径3m前後のシロも多く、シロが接して融合しているものはなく、マツタケ山としては若い時代に属している上り山状態にある試験地であると考えられる。また、一番小さいシロは直径1.9mで、共生関係にあると推定される周囲7本のアカマツは輪生枝の測定から平均樹齢は37年生であった。

試験地は、平成5年からマツタケ山として管理されてきたため高木層にはアカマツしかなく、亜高木層から草本層においてゴヨウマツが自生する植生の特徴が認められた(表-11)。

平成18年の地温推移をみると、推定原基刺激日が9月23日であったが、それ以前の9月1日と9月12日に低温刺激があったと考えられ、その後地温再上昇があり、発生数は78本で平成13~21年の平均値67.1本の116%となり、平成20年のような豊作(192%)にはならなかった(図-10)。

表-11 松川町試験地の植生

高木層	低木層	草本層
アカマツ 4-4 (Av. H.19m,DBH34cm)	ソヨゴ 2-2 ヤマウルシ 2-2 ネジキ 2-2 ナツハゼ 1-1 リョウブ + ミヤマガマズミ + ゴヨウマツ +	ソヨゴ 2-2 ゴヨウマツ 1-1 ワラビ 1-1 ナツハゼ 1-1 ヤマウルシ + ススキ + コシアブラ + ヤマツツジ + バйкаツツジ + カスミザクラ + スノキ + ヒノキ + コナラ + アカマツ r ダンコウバイ r クリ r サルマメ r
亜高木層		
ソヨゴ 1-1 ネズミサシ 1-1 ゴヨウマツ 1-1		

注) H.19年4月調査

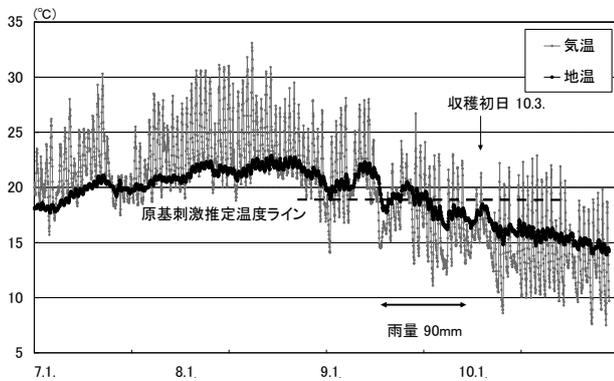


図-10 松川町試験地の気温・地温の推移 (H. 18. 7. 1. ~10. 31.)

3.6 諏訪市ハナイグチ試験地

5年間の平均でC区ではD区(対照区)の5.4倍,B区ではD区の3.4倍のハナイグチ子実体が発生し, 孢子懸濁液散布の効果認められた(写真-7, 表-12)。広葉樹・草本を全て除去したA区では, 年々子実体発生量が減少する傾向がみられたが, カラ

マツ立木本数が少ないため日当たりが良くなり乾燥したことが影響しているものと考えられた。

4試験区内で多く発生が認められた他のきのこは, エセオリミキ, キヌメリガサ, ドウシシタケ, ツルタケ, キチチタケ, カラマツチチタケ, ニオイワチチタケ, ドクベニタケ, カワリハツ, イロガワリシロハツ, シロニセトマヤタケ, アセタケ spp., キヌメリガサ, サクラタケ, モリノカレバタケ, ホウライタケ, ニカワホウキタケ等であった。植生では, 低木層と草本層でカエデ・サクラ類が多くみられる特徴があった(表-13)。

また, 平成19年はこの地域で野生きのこの不作の年となり, 試験地でもハナイグチの発生が不良であった。平成18年と比較して19年は9月に入り地温再上昇が2回あり, また9月上旬から中旬にかけて急激な地温低下があり発生期間が短くなり, これらが野生きのこの発生不良に影響したものと考えられた(図-11, 12)^{9), 10)}。



写真-7 ハナイグチ子実体の発生

表-12 諏訪市ハナイグチ試験地の結果

区分	カラマツ立木密度 (本/ha)	カラマツDBH (cm)	子実体発生本数(本)					
			H.17	H.18	H.19	H.20	H.21	平均
A 広葉樹・草本除去区	360	30.8	4	1	0	2	0	1.4
B 間伐・孢子散布区	400	29.9	7	14	2	13	11	9.4
C 間伐・2倍量孢子散布区	440	29.2	12	24	5	19	16	15.2
D 放置対照区	400	26.3	3	4	0	5	2	2.8

注) 立木調査は, H.18年8月に実施, 4試験区はH.15に整備設定し孢子散布を開始した。

4 まとめ

現在長野県のマツタケ生産量は、西日本地域の健全なアカマツ林面積が減少して生産量が漸減傾向にある中で、そのシェアを高めてきている（表-14）。このような状況で、マツタケ生産に関心を持つ県民も増えてきており、地元の放置されていたアカマツ林を整備してマツタケを増産しようと考える関係者も多くなってきている。

今回ここでは、マツタケ子実体発生量の推移、マツタケのシロの生態、散水効果、庇陰効果、獣害防止効果、マツタケの豊凶因子等について明らかにしたが、林相・植生やシロの年齢との関係等については、まだ不明な点も多い。さらに大きな課題としては、マツタケ発生林の延命、安定的な

発生を得るための森林整備、未発生林の誘導施業、老齢発生林の次代更新等に関する技術開発があり取り組んでいかなければならない。

また、県内では人気のあるカラマツ林に発生する菌根性きのこハナイグチの増産試験を行い、連年の孢子懸濁液散布により子実体発生本数が増加することを実証した。

厳しい林業経営の中にあり、健全なアカマツ林を保全してマツタケを生産していくことやカラマツ林を活用してハナイグチを生産するとは、長野県の山村・中山間地において有意義なことであるとの認識から、現場の森林所有者や生産者、関係機関とさらに密接に連携をとって継続して研究を進めていく。

表-14 マツタケ生産量の推移

年度	全国 (トン)	長野県 (トン)	比率 (%)	摘要（気象と県内生産量との関係）
S. 54	658.1	56.2	8.5	夏の温度上昇と秋の降雨により豊作
55	456.9	28.7	6.3	冷夏の影響で平年作
56	207.7	29.6	14.3	引き続き冷夏の影響で平年作
57	483.5	31.1	6.4	冷夏の影響で夏マツタケが見られるも平年作
58	742.3	37.8	5.1	温度が上がり秋の長雨で良作
59	180.1	8.4	4.7	温度は上がったものの発生期の干ばつで凶作
60	819.9	24.5	3.0	温度は上がったものの8~9月の干ばつでやや不良
61	199.4	20.4	10.2	春~夏の低温と秋の干ばつでやや不作
62	463.7	19.7	4.2	温度がやや低く8~9月の干ばつでやや不作
63	405.5	47.4	11.7	春~夏の豊富な降雨と秋の適期の降雨により豊作
H. 1	456.0	27.4	6.0	温度・雨ともに良好も秋の残暑により平年作
2	513.0	28.8	5.6	温度は上がったものの秋の雨が遅れ平年作
3	267.0	54.7	20.5	順調な温度上昇と秋の適期降雨により豊作
4	187.1	0.5	0.3	温度は上がったものの夏~秋の大干ばつで凶作
5	350.0	47.8	13.7	梅雨期の低温長雨で夏マツタケ大発生、秋は平年並
6	120.4	25.0	20.8	温度は順調に上がるも秋の干ばつでやや不作
7	211.0	18.0	8.5	夏の温度は十分に上がるも8~9月の干ばつで不作
8	359.0	69.5	26.9	夏の温度上昇と秋適期の豊富な降雨により豊作
9	271.8	32.5	12.0	春~夏はほぼ順調に経過するも秋の乾燥で平年作
10	247.0	61.2	24.8	温度上昇と秋適期の降雨・順調な地温低下で豊作
11	147.0	27.1	18.4	春~夏は順調も9月の高温と10月の急冷で平年作
12	181.0	27.9	15.4	春~夏は順調なるも秋の残暑により平年作
13	77.9	9.7	12.5	夏~秋の降水量不足と秋の残暑により凶作
14	52.2	11.3	21.6	8月下旬の寒波、9月上旬の残暑により不作
15	80.0	11.5	14.4	8月中旬の寒波、9月上~中旬の残暑により不作
16	149.0	50.6	34.0	春~夏の気温が高く雨量も多く、強い残暑なく豊作
17	39.1	5.0	12.8	9月上~中旬の残暑・少雨により凶作
18	64.8	26.9	41.5	9月の残暑、9月下旬~10月上旬の少雨で平年作
19	51.0	26.1	51.2	8月下~9月中旬の地温低下、その後の残暑で平年作
20	70.0	34.5	49.3	4~9月の降雨、8~9月の地温推移が良く豊作
21	24.0	7.1	30.0	8月下旬の地温低下、9月の残暑・少雨により不作
平均値	275.0	29.3	16.6	

注) 太字は平均値以上の年

5 謝辞

本試験の実施及び試験地管理、諸調査については、長野県特用林産振興会、上田市農林部森林整備課、信州上小森林組合、塩尻市萩原新氏、塩尻市加藤洋一氏、諏訪市有賀林野組合、諏訪市藤森正氏、飯伊森林組合、松川町塩倉千代治氏、諏訪市南真志野生産森林組合の諸氏に多大なる協力をいただきました。ここに感謝して厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 1) 長野県特用林産振興会(2005) つくるマツタケへ-まつたけ増産のてびき・改訂Ⅲ版-, 西沢印刷, 92pp.
- 2) 長野県まつたけ生産振興協議会(1997) まつたけ増産の手引き・改訂Ⅱ版, 中央プリント, 103pp.
- 3) 長野県まつたけ生産振興協議会(1987) まつたけ増産の手引き, 西沢印刷, 77pp.
- 4) プランツワールド編(2009) マツタケ経営指標, 2009年度版きのこ年鑑, 271~273.
- 5) プランツワールド編(2010) マツタケ増産のための環境整備の最新技術, 2010年度版きのこ年鑑別冊・最新きのこ栽培技術, 245~256, 302~303.
- 6) 柴田尚(1989) カラマツ林内でのハナイグチの増殖, 山梨県林業技術センター報告 17, 16~23.
- 7) 竹内嘉江他(2000) 林地における菌根性きのこ類の栽培試験, 長野県林総セ研報 14, 90~104.
- 8) 竹内嘉江他(2004) マツタケ等現地適応化調査試験Ⅳ, 長野県林総セ研報 18, 55~69.
- 9) 竹内嘉江(2003) マツタケの豊凶指数-降水量と地温変化による豊凶の予測-, 中森研 51, 229~230.
- 10) 竹内嘉江(2007) マツタケの豊凶指数-降水量と地温変化による発生量の予測(Ⅱ)-, 中森研 55, 201~202.
- 11) 竹内嘉江(2008) マツタケ子実体発生量に及ぼす散水の影響-長野県諏訪市のマツタケ発生林事例調査から-, 中森研 56, 145~146.
- 12) 竹内嘉江(2010) マツタケのシロ付近における外生菌根菌量とアカマツ細根量, 中森研 58, 121~122.
- 13) 竹内嘉江(2010) 日本菌学会第54回大会講演要旨集, 62.
- 14) 宮脇昭(1977) 日本の植生, 535pp, 学研, 東京, 498~504.
- 15) 衣川堅二郎(1963) マツタケ発生に関する生態学的研究-生長曲線とその解析-, 大阪府大紀要 農学・生物学 14, 27~60.
- 16) 小林藤雄他(1981) マツタケの発生と林内環境に関する研究(Ⅲ), 京都府林試業報昭和56年度, 50~54.
- 17) 村田義一他(2001) 北海道のマツタケの豊凶予測(簡易予測法), 北方林業 53, 52~55.
- 18) マツタケ研究懇話会(1983) マツタケ山のつくり方, 163pp, 創文, 東京, 124~126.
- 19) 小川眞(1978) マツタケの生物学, 326pp, 築地書館, 東京, 223~228.